

SEMINARIOS  
INTERNOS

CIAT  
8222  
COLECCION HISTORICA

Serie SE-09-77

## SEMINARIO DEL CIAT

## RESPUESTA DE LA YUCA A LA APLICACION DE FOSFORO

Reinhardt H. Howeler

RESUMEN

CENTRO DE DOCUMENTACION 27 SET. 1977

La yuca es uno de los cultivos alimenticios con mayor tolerancia a la acidez del suelo. Por lo tanto es muy común la siembra de yuca en suelos muy ácidos y de baja fertilidad sin altas aplicaciones de abonos ó cal. A pesar de esta aparente tolerancia a suelos de baja fertilidad, se ha encontrado que la yuca tiene un requerimiento muy alto de P, para producir rendimientos máximos. En ensayos de fertilización en Carimagua se observó que la yuca responde positivamente a aplicaciones hasta de 400 kg de  $P_2O_5$ /ha, mientras que el maíz y el arroz en el mismo suelo no respondieron sino hasta 100 kg de  $P_2O_5$ /ha. Se encontró que la yuca responde muy bien a las aplicaciones de rocas fosfóricas. La aplicación de todo el fósforo al momento de la siembra <sup>dio mejores resultados</sup> resultó ser la mejor época de aplicación.

La mejor combinación en Carimagua de P y K fue de 140 kg de  $P_2O_5$ /ha (6 mas) y 180 kg de  $K_2O$ /ha. Esta combinación produjo no solo el máximo rendimiento sino el mayor ingreso neto. En ensayos de fertilización en La Zapata y en Jamundí no se encontró una respuesta al P, excepto en combinación con una alta aplicación de K.



Para determinar la cantidad de P a aplicar en suelos con alta capacidad de fijación, se está determinando el "requerimiento externo" de yuca para P, y las isotermas de adsorción de P de algunos suelos de interés.

Una alternativa muy promisorio a la aplicación de altas cantidades de P al suelo es la identificación de variedades de yuca con capacidad de soportar niveles bajos de P. Tanto en el campo como en soluciones nutritivas se está evaluando el material genético del banco de germoplasma para su tolerancia a la deficiencia de P y la toxicidad de Al.



## RESPUESTA DE LA YUCA A LA APLICACION DE FOSFORO

R.H. HOWELER

La yuca generalmente se cultiva en suelos acidos y de baja fertilidad. Bajo estas condiciones la yuca produce poco, mientras muchos otros cultivos no produce nada. En sistemas como la tumba y la quema, la yuca normalmente se siembra como el último cultivo de la rotación, antes de abandonar el terreno para un nuevo crecimiento del bosque. En este sistema los cultivos más exigentes como maíz, arroz y frijol se siembran primero para aprovechar la fertilidad inicial resultante después de la quema del bosque y cuando la fertilidad esta casi agotada se siembra la yuca. Entonces, a la yuca se le reconoce una capacidad para soportar condiciones de baja fertilidad. Pero por otra parte, también se reconoce que la yuca extrae cantidades grandes de K del suelo y este elemento se puede agotar rapidamente con una producción continua de yuca. Por ejemplo con una cosecha de 25 toneladas de raices de yuca en una hectárea se está extrayendo del suelo aproximadamente 100 kg de  $K_2O$  y solo 25 kg de  $P_{2O_5}$ .

¿Quiere decir esto que la yuca necesita unicamente una fertilización de K sin necesidad de aplicar P? No necesariamente. En un estudio en arena con soluciones nutritivas Krochmal y Samuels (1970) obtuvieron el mayor aumento en producción de yuca con la aplicación de P en comparación con N y K: se consiguió un aumento del 93% en la producción cuando se aumentó el P en la solución de 40 a 240 ppm. También Malavolta et al (1955) observaron que la eliminación del P de la solución nutritiva produjo una mayor reducción en materia seca que la eliminación de N y K. Esta reducción en producción de materia seca fue acompañada con una reducción en el contenido de almidón de 32 a 25%. Esto indica que el P juega un papel importante en la síntesis del almidón. Se concluyó que posiblemente la yuca tiene un requerimiento de P excepcionalmente alto.



Datos obtenidos en CIAT (CIAT, 1974) indican que tanto la eliminación de P como la de N y K de la solución nutritiva, reducen la producción de materia seca a casi cero. Recientemente, Edwards et al. (1977) en Australia, observaron que la yuca requiere una concentración de P entre 50 y 127  $\mu\text{mol/litro}$  para un crecimiento máximo, mientras el maíz requiere 3 y la soya no mas de 0.7. En realidad, esta concentración requerida para una producción máxima de yuca es mas alta que la de cualquier otro cultivo reportado en la literatura (Asher y Loneragan 1967), con la posible excepción de la papa. Este dato es extraordinario considerando que la yuca se produce generalmente en suelos deficientes en P. Sin embargo, el hecho de que la yuca requiere concentraciones altas de P para una producción máxima, no implica necesariamente que no produce bien con poco P.

Edwards et al (1977) también encontraron que al nivel más bajo de P en la solución (0.05  $\mu\text{mol/litro}$ ), el rendimiento relativo de la yuca fue 18%, mientras el de maíz fue 21% y el de soya 34%. Esto indica que a un nivel bajo de P la yuca no se comporta en forma tan diferente al maíz y la soya. Por otra parte cuando se sembraron estos cultivos en un suelo con alta fijación de P, todos llegaron a su producción máxima con la misma cantidad de P aplicado; en cambio, la concentración de P en el suelo fue más alto en el caso de la yuca respecto a los demás cultivos. Esto indica que la yuca, por ejemplo a través de exudaciones de las raíces o asociaciones con microorganismos de la rizosfera, podría solubilizar mas eficientemente fuentes de P de poca solubilidad. En un ensayo en Carimagua, Hammond (comm. personal) observó que el contenido de P disponible en el suelo, extraído con Bray II, aumentó de 1.23 a 2.65 y 3.69 ppm a los 50, 110 y 350 días, respectivamente, después de la siembra de yuca sin aplicaciones de P. Este aumento en el P disponible después de la siembra de yuca también se observó cuando se aplicaron varias fuentes de P.



Cuando el P es limitativo, la yuca reduce su crecimiento sin producir síntomas de deficiencia. Edwards et al (1977) observaron que el contenido mínimo de P en la planta sin la presencia de síntomas de deficiencia fue 0.11% de P en el caso de la yuca, 0.42% en maíz y 0.22% en soya. Esto indica que la yuca soporta contenidos internos de P muy bajos en comparación con otros cultivos. Probablemente, la ausencia de claros síntomas de deficiencia, tanto de P como de N y K, es una razón por la que los agricultores piensan que la yuca no sufre por falta de nutrimentos. Cuando algún elemento mayor es deficiente, la yuca no muestra síntomas de deficiencia como sí ocurre en muchos otros cultivos, sino que se reduce su crecimiento y esto se refleja finalmente en una baja producción.

#### La adaptación de la yuca a los suelos ácidos

Las características del suelo de Carimagua aparecen en la tabla 1. El suelo de Carimagua se clasifica como Oxisol y es bastante representativo de las sabanas bien drenadas de los Llanos de Colombia y Venezuela. El suelo natural tiene un pH muy bajo, con alto contenido de Al, bajo contenido de P y de bases Ca, Mg y K.

Sin fertilización o encalamiento cultivos como maíz, sorgo, frijol y soya apenas germinan y después mueren, principalmente por la toxicidad de Al. Sin embargo bajo estas condiciones la yuca produce aproximadamente 5 ton/ha. Cuando se aplica NPK únicamente y sin cal, la yuca produce 10 ton/ha; el maíz, el arroz y el frijol todavía no producen nada.

La figura 1 muestra que la yuca y el caupí produjeron 54% y 60% de su producción máxima sin la aplicación de cal, mientras que los otros cultivos produjeron 0-10% bajo estas condiciones. Aunque todos estos cultivos respondieron positivamente a la aplicación de cal, la yuca y el caupí tuvieron mayor tolerancia a la acidez del suelo que los demás cultivos. Es por este factor que la



yuca tiene mayor adaptación a suelos pobres en comparación a otros cultivos.

#### La respuesta a P en Carimagua

La figura 2 muestra la respuesta de la yuca a la aplicación de P en Carimagua, tomando el promedio de seis fuentes de P. Se observa que la yuca responde significativamente a la aplicación de P hasta niveles de 400 kg  $P_{2O_5}$ /ha, triplicando el rendimiento, desde 7 hasta 22 ton/ha. En el mismo suelo el maíz respondió hasta niveles de 100 kg  $P_{2O_5}$ /ha (CIAT 1972), y el arroz tanto de riego como de secano hasta 50-100 kg  $P_{2O_5}$ /ha (Howeler 1974). Se observa que el rendimiento de raíces aumentó en forma cuadrática, mientras el del follaje aumentó casi en forma lineal. Resulta entonces una curva de índice de cosecha con máximo al nivel de 100 kg  $P_{2O_5}$ /ha. Con mayores aplicaciones de P se baja el índice de cosecha, indicando esto que el follaje aumenta mas en relación a las raíces. Por lo tanto, a pesar de que la yuca respondió positivamente a niveles tan altos como 400 kg  $P_{2O_5}$ /ha, la mayor eficiencia para producir raíces se obtuvo solo con el nivel de 100 kg  $P_{2O_5}$ /ha.

La figura 3 muestra la respuesta a cada fuente de P en forma separada. Se obtuvieron las mejores respuestas con la aplicación de superfosfato triple (SFT) en banda y Escorias Thomas (E.T) al voleo. El uso de roca fosfórica fue un poco menos efectivo pero la respuesta fue altamente significativa. Mezclando la roca con ácido sulfúrico (20% acidulación) o con azufre, se mejoró la disponibilidad de la roca. El superfosfato simple (SFS) fue menos efectivo que el SFT, posiblemente por su aplicación en banda en vez de voleo. En el caso de las E.T. la aplicación al voleo fue mucho más efectiva que la aplicación en banda. Esta fuente necesita un buen contacto con el suelo para disolverse; además, por su alto contenido de cal (aproximadamente 60%  $CaCO_3$  equivalente) el pH en la banda se aumenta excesivamente y esto inhibe una rápida liberación de P. En cuanto al SFT no se observaron diferencias significativas



entre la aplicación al voleo, en banda o en círculo.

La figura 4 muestra la relación entre el rendimiento de raíces y el contenido de P en las hojas superiores recién abiertas, a los 5 meses de siembra. Es claro que para obtener rendimientos altos es necesario tener por lo menos 0.35-0.4% de P en las hojas. Este dato es importante para diagnosticar la deficiencia de P. Aunque la curva no llega a un máximo (posiblemente se induce deficiencia de Zn con la alta aplicación de P) se espera que con contenidos de P mayores a 0.4% la planta no responda mucho a la fertilización con P.

La figura 5 muestra la respuesta a la aplicación de varias rocas fosfóricas y E.T en comparación con SFT. De nuevo la mejor respuesta se obtuvo con SFT y E.T. seguida por las rocas de Gafsa (Marruecos) y Carolina del Norte (EE.UU.), Florida, Huila, Pesca (Colombia) y Tennessee. El orden de efectividad estuvo relacionado casi perfectamente con el orden en cuanto al porcentaje de solubilidad en citrato de amonio, criterio que se está utilizando como índice de la disponibilidad de P en la roca. Las rocas con alta disponibilidad son casi tan efectivas como el SFT, y por su bajo costo y mejor efecto residual, son fuentes de P muy atractivas para la yuca. Al soportar condiciones de acidez del suelo, la yuca no necesita la aplicación de mucha cal, y bajo estas condiciones ácidas es donde la roca fosfórica tiene su mejor solubilidad.

En la figura 6 se observa que el máximo ingreso neto se obtiene con la aplicación de 200-400 kg de  $P_2O_5$ /ha; las fuentes más económicas son las E.T., la roca del Huila mezclada con S, y el SFT. Es claro, que bajo las condiciones de Colombia, la alta aplicación de P para la yuca en los Llanos es altamente económica. En cuanto a la mejor época de aplicación de P, la figura 7 muestra que la aplicación basal a la siembra fue mejor que la aplicación fraccionada a la siembra y a los 3 meses aunque las diferencias no fueron significativas. Por esta razón se recomienda la aplicación de todo el P al momento de



la siembra.

Aunque la aplicación de altos niveles de P es costosa, la inversión no se hace solo para un año. La figura 8 muestra el efecto residual de una aplicación de SFT en la segunda siembra. Mientras que las aplicaciones bajas casi no tuvieron ningún efecto residual, la aplicación inicial de 200 kg  $P_{205}$ /ha si tuvo un buen efecto residual; se consiguió aproximadamente el 50% del máximo producido con la aplicación reciente de SFT. Por lo tanto, con una pequeña aplicación de P en cada siembra se pueden obtener rendimientos altos si hay un buen efecto residual de aplicaciones anteriores.

¿Si la yuca extrae altas cantidades de K del suelo y requiere una alta concentración de P para una buena producción, cuál es la combinación óptima de estos elementos, no solo en cuanto a la producción máxima, sino también en cuanto al ingreso neto máximo? Para estudiar esta cuestión se realizó un experimento en el que se utilizó un diseño sistemático con la variable P aumentando en una dirección y la variable K en la otra dirección con incrementos iguales que corresponden con 14 niveles de cada elemento en todas sus combinaciones. Cada planta fue un tratamiento. Para reducir la variabilidad entre plantas se tomo como el rendimiento de cada tratamiento, el rendimiento promedio de la planta con este tratamiento y sus ocho vecinos. La figura 9 muestra los rendimientos obtenidos. El rendimiento máximo de 29 ton/ha se obtuvo con 180 kg de  $K_{20}$ /ha y 140 kg de  $P_{20}$ /ha. Con niveles mas altos de P se espera todavía algun aumento en el rendimiento. La figura 10 muestra la respuesta promedio a P y K. Se observa que la yuca respondió mucho más al P que al K. Con niveles superiores a 160-180 kg  $K_{20}$ /ha bajaron los rendimientos, probablemente por que se induce una deficiencia de Ca. El K fue aplicado como  $K_2SO_4$ , y no se espera que una deficiencia de S hubiera limitado la producción. Se calculó el ingreso neto de cada tratamiento con base en un precio de



\$ 1.59/kg de yuca, y un costo de \$ 23.2/kg de  $P_2O_5$  y \$ 18.5/kg de  $K_2O$  (incluyendo transporte). El ingreso neto varió de \$12.000 hasta \$36.000/ha; el mayor ingreso correspondió con el rendimiento mas alto, obtenido con la aplicación de 180 kg de  $K_2O$ /ha y 140 kg de  $P_2O_5$ /ha. Entonces una alta aplicación de P y de K no solo produce los rendimientos máximos sino también el ingreso neto máximo. Usando los datos de rendimiento de un ensayo similar para la interacción de N y K, se calculó que la aplicación mas económica en los Llanos se obtiene con 130 kg de N/ha, 140 (ó mas) kg de  $P_2O_5$ /ha, y 180 kg de  $K_2O$ /ha.

#### La respuesta al P en La Zapata y Jamundí

La tabla 1 muestra las características de los suelos en La Zapata ( a 10 km de Palmira en la Cordillera Central) y en Jamundí. Ambos suelos son bastante ácidos, pero no tiene problemas de toxicidad de Al, principalmente por su alto contenido de Ca. Tienen un alto contenido de materia orgánica (M.O.) y probablemente alguna influencia de cenizas volcánicas. Los contenidos de P son muy bajos, considerando que el nivel 15 ppm de P soluble en Bray II, es el nivel crítico para la mayoría de los cultivos.

Los resultados de un ensayo con NPK en La Zapata se observan en la figura 11. A pesar de que el suelo tuvo un bajo contenido de P extraído con Bray II, la yuca no respondió significativamente a la aplicación de P, sino únicamente a la aplicación de K. En un campo vecino el frijol respondió dramáticamente a la aplicación de P. La figura 12 muestra los resultados de un ensayo de NPK en Jamundí. De nuevo, a pesar de tener un bajo nivel de P en el suelo la yuca no respondió a P, pero sí respondió dramáticamente a la aplicación de K. Unicamente en la presencia de K hubo alguna respuesta a la aplicación de P.

Claramente, en estos dos suelos el K es el elemento más limitativo para la



yuca, no tanto por el nivel bajo en el suelo ( en realidad es más alto que en el suelo de Carimagua), sino por los niveles altos de Ca y Mg que inhiben la absorción de K. Los contenidos de K en las hojas en Jamundí fueron de 0.55% mientras en Carimagua fueron de 0.88%, sin la aplicación de K (Ngongi 1976). La falta de respuesta a P no está tan clara todavía. Estos suelos con su alto contenido de M.O. contienen grandes cantidades de P orgánico, que no son extraídos con Bray II ( en un suelo parecido en CIAT-Santander, el 85% del P-total es P-orgánico). Normalmente se considera que la mayor parte del P orgánico no es directamente disponible para las plantas, pero posiblemente la yuca puede tener algún mecanismo para acelerar la mineralización del P orgánico. También, estos suelos fijan mucho P por su alto contenido de alófano, un silicato de Al poco cristalizado. También es posible que la yuca pueda absorber parte del P fijado mientras que el frijol no tiene esta capacidad.

#### El "requerimiento externo" de P

Tradicionalmente, las recomendaciones de fertilización se basan en los análisis de suelo. En el caso de P el análisis del suelo determina la cantidad de P extraído del suelo con una determinada solución (Bray II se esta utilizando en CIAT), que extrae aproximadamente el P que es "disponible" para la planta. El análisis de suelo puede indicar si el suelo es alto, intermedio o bajo, pero no dice nada sobre la cantidad de P a aplicar para obtener cierta producción en una determinada planta. Esta recomendación se basa más que nada en ensayos de fertilización hechos para cada cultivo en cada tipo de suelo.

En el trópico muchos suelos Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles (especialmente los Andepts) tienen alta fijación de P y se deben aplicar cantidades mas altas de P para satisfacer el requerimiento de la planta respecto a los suelos de zonas templadas. Según Fox et al (1976) la producción de cada especie



depende de la concentración de P que encuentran las raíces en la solución del suelo y cada especie produce al máximo con una determinada concentración de P en solución. Esto es lo que Fox llama "el requerimiento externo de P" del cultivo. Este requerimiento es una característica del cultivo independiente del suelo. Lo que si varía con el suelo, es la cantidad de P a aplicar para obtener cierta concentración de P en solución, porque ésto depende de la capacidad de fijación del suelo. Fox (1976) desarrolló un método para determinar la capacidad de fijación del suelo en el laboratorio, agitando cierta cantidad de suelo durante 6 días con  $\text{CaCl}_2$  con varias concentraciones de P. Después de este tiempo se determina el P que queda en la solución y se grafica la relación entre la cantidad de P adsorbido por el suelo y la cantidad de P que quedó en la solución. La figura 13 muestra estas "isotermas de adsorción de P" para los suelos de Carimagua, Popayán y CIAT-Santander (las características de los suelos aparecen en la tabla 1). Se puede ver que los suelos de Popayán y Santander tienen más alta capacidad de fijación que el suelo de Carimagua, porque se debe agregar cantidades mas altas de P para obtener la misma concentración de P en la solución. Por ejemplo, para obtener una concentración de 0.2 ppm P en solución, que es el requerimiento externo de muchos cultivos, se debe agregar en Carimagua 280 ppm de P ó 1400 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, en Santander 610 ppm de P ó 2800 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha, y en Popayán 780 ppm de P ó 3500  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha. Entonces, aplicando estas cantidades como SFT, incorporado hasta 20 cm, se espera obtener la producción máxima en todos los tres suelos si el cultivo tiene un requerimiento externo de 0.2 ppm P. Por supuesto los cultivos varían en su requerimiento externo, característica que se debe determinar para cada cultivo. Los siguientes son los requerimientos externos de varios cultivos (Fox, 1976):



maíz	0.06 ppm
repollo chino	0.20 ppm
batata	0.10 ppm
lechuga	0.28 ppm
papa	0.20 ppm
Desmodium (establecido)	0.20 ppm
Desmodium (mantenimiento)	0.01 ppm

Tal como se indica, el requerimiento externo varía entre cultivos y también con el estado de crecimiento del cultivo, como se ve en el caso de Desmodium.

En Popayán, se determinó el "requerimiento externo" del frijol. La figura 14 muestra la relación entre el rendimiento relativo de frijol y la concentración de P en solución que corresponde con la cantidad de P aplicada (determinada de la curva en la figura 13). Se puede observar que el frijol alcanza el 95% de su producción máxima con la concentración de 0.03 ppm de P, que es lo que se define con su "requerimiento externo". En comparación, Fox (1976) obtuvo un requerimiento externo para el maíz de 0.06 ppm P en dos suelos distintos de Hawaii. A pesar de que los requerimientos son parecidos para estos cultivos se puede ver que el frijol es mucho más susceptible a la deficiencia de P que el maíz, necesitando aproximadamente 0.04 ppm de P para lograr un 50% de producción máxima versus 0.004 ppm de P para el mismo rendimiento relativo de maíz. Para determinar el "requerimiento externo" de la yuca se está sembrando un ensayo en Santander y uno en Carimagua. Si la yuca, tiene un muy alto requerimiento de P, como indican los trabajos de Edwards et al (1977), pero soporta suelos con poco P, se espera que la curva para yuca sea menos inclinada que la de maíz, pero con un máximo más alto que la de frijol. Una vez conocido el requerimiento externo del cultivo se puede determinar cuantitativamente la cantidad de P que se debe aplicar al suelo para obtener una cierta



producción, haciendo una curva de isotermas de fijación de P en el laboratorio. El método también permite determinar exactamente el efecto residual de P aplicado anteriormente. Por el efecto residual de aplicaciones anteriores, la cantidad de P a aplicar para obtener una cierta concentración en solución, va a ser menor que en un suelo virgen sin aplicaciones anteriores.

#### Tolerancia genética a bajos niveles de P y altos niveles de Al

En condiciones del trópico, donde la mayoría de los agricultores no están acostumbrados a aplicar abonos por su alto costo, difícil disponibilidad ó falta de recursos económicos, es muy importante buscar los cultivos y las variedades dentro de cada cultivo con mayor adaptación a las condiciones desfavorables del suelo. Así, se han encontrado en el caso del arroz, variedades con alta resistencia a la toxicidad del Al y Fe, a la salinidad y a niveles bajos de P y de Zn (Howeler 1976, IRRI 1975). CIAT, con su valiosa colección de germoplasma de yuca, frijol y pastos, tiene la oportunidad de hacer lo mismo para estos cultivos. En el caso de yuca se está evaluando todo el material del banco de germoplasma para tolerancia a la toxicidad del Al y la deficiencia de P. En el campo se están sembrando las variedades en parcelas con cero y 6 ton/ha de cal, ó con cero y 200 kg  $P_2O_5$ /ha para la tolerancia a Al y P, respectivamente.

La tabla 2 muestra las diez variedades de mejor tolerancia al bajo nivel de P, obtenidos en el primer "screening de P" de 100 variedades en Carimagua. Se observa que en presencia de P la variedad MCol 660 no solo rinde 8 ton/ha más que la Llanera, sino que también tiene un índice de tolerancia dos veces mayor que la Llanera. Entre las 84 variedades cosechadas, 55 tuvieron una mejor tolerancia a P que la variedad testigo, la Llanera, generalmente bien adaptada a las condiciones del Llano. En promedio, las variedades produjeron sin P solo el 29% de la producción obtenida con la aplicación de 150 kg  $P_2O_5$ /ha.



Desafortunadamente, en el campo, la yuca puede ser atacada por insectos, ó afectada por enfermedades ó por la sequía, factores que afectan los resultados del ensayo por la tolerancia diferencial del material genético a estas condiciones. Para evitar estos problemas, se está desarrollando un sistema para evaluar simultáneamente en soluciones nutritivas la tolerancia de variedades de yuca a altos niveles de Al y bajos niveles de P. Para este fin se introducen plántulas enraizadas de cada variedad en tres soluciones nutritivas:

- 1.- El testigo óptimo- con bajo nivel de Al (3ppm) y alto nivel de P (4ppm)
- 2.- El testigo de Al- con alto nivel de Al (30ppm) y alto nivel de P (4ppm)
- 3.- El testigo de P- con bajo nivel de Al (3ppm) y bajo nivel de P (0.5-1 ppm)

A las tres semanas se compara la producción de materia seca obtenida en la solución No. 2 con la de la solución No. 1 para obtener la tolerancia al al to nivel de Al; y la producción obtenida en solución No. 3 con la No. 1 para la tolerancia al bajo nivel de P.

Con este sistema se espera evaluar todo el banco de germoplasma en relativamente poco tiempo. Una vez identificadas las variedades de mayor resistencia, se puede tratar de incorporar, a traves de cruzamientos, estos factores en los mejores híbridos del fitomejorador. Así se espera obtener variedades nuevas que no sólo tienen tolerancia a enfermedades y plagas, sino también a suelos ácidos o de baja fertilidad, porque es allí donde la mayoría de la yuca se está produciendo.



## LITERATURE CITADA

- 1.- Asher, C.J., and J.F. Loneragan. 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. Growth and phosphorus content. Soil Sci. 103:225-233.
- 2.- CIAT, 1972 Annual Report. Centro Intern. Agri. Trop, Cali Colombia.
- 3.- CIAT, 1974 Annual Report. Centro Intern. Agric. Trop., Cali, Colombia.
- 4.- Edwards, D.G., C.J. Asher, and G.L. Wilson. 1977. Mineral nutrition of cassava and adaptacion to low fertility conditions p 124-130. En J. Cock, R. MacIntyre and M Graham (Ed.) Proceedings IV Symp. Intern. Soc. Trop. Root Crops-Cali Colombia 1976.
- 5.- Fox R.L., R.K. Nishimoto, J.R. Thompson, and R.S. de la Pena. 1976. Comparative external phosphorus requirements of plants grown in tropical soils p 232-239. En Trans. 10th Intern. Congr. Soil Sci. Moscow, USSR.
- 6.- Howeler, R.H. 1974. La fertilización fosfórica del arroz de riego y de secano. p 245-263. En H. Medina O. (Ed). Suelos Ecuatoriales. El fósforo en zonas tropicales. Soc. Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- 7.- Howeler, R.H., and L.F. Cadavid. 1976. Screening of rice cultivars for tolerance to Al-toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method. Agron. J. 68:551-555.
- 8.- International Rice Research Institute. 1975. Annual Report 1974. Los Baños, Philippines.
- 9.- Krochmal, A., and G. Samuels. 1970. The influence of NPK levels on the growth and tuber development of cassava in tanks. CEIBA 16:35-43.
- 10.- Malavolta, E. et al. 1955. Studies on the mineral nutrition of cassava (Manihot utilissima Pohl). Plant Physiology 30:81-82.
- 11.- Ngongi, A.G.N. 1976. Influence of some mineral nutrients on growth, composition and yield of cassava (Manihot esculenta, Crantz). PhD thesis. Cornell Univ., Ithaca, N.Y.







TABLA 2.- El rendimiento con niveles altos y bajos de P y el índice de tolerancia de diez variedades de yuca con mayor tolerancia a la deficiencia de P en comparación con la Llanera y Múlex 59

Variedad	Rendimiento raíces - ton/ha		Índice de tolerancia =Prod. sin P/Prod. con P
	OP	150 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	
MCol 1684 *	8.6	10.7	0.80
MCol 1628	4.9	7.8	0.63
MVen 167	5.3	8.9	0.59
CH 309-25	8.4	15.4	0.54
CH 213-9 *	9.2	17.2	0.53
MEcu 47 *	5.8	11.7	0.49
MCol 1686 *	9.0	19.3	0.47
CH 323-64	8.2	17.9	0.46
MCol 660	13.6	30.1	0.45
CH 320-19	4.8	10.7	0.45
Llanera	5.3	21.8	0.24
MMex 59	11.3	31.8	0.35

\* Susceptible al super alargamiento.



TABLA 1.- Características químicas de cinco suelos de Colombia

Suelo	%	ppm P		← meq/100 gm →					%
	M.O	Bray II	pH	Al	Ca	Mg	K	CIC	Al
Carimagua	3.6	1.6	4.3	3.0	0.3	0.1	0.08	14.0	86.2
La Zapata	6.0	1.7	5.0	0.64	4.0	2.7	0.55	-	8.1
Jamundi	4.5	2.4	5.2	-	10.0	5.4	0.13	21.9	-
CIAT-Santander	8.0	1.9	4.8	3.2	0.8	0.4	0.27	24.4	67
Popayan	10.7	2.6	4.8	2.55	2.2	0.8	0.41	27.2	42



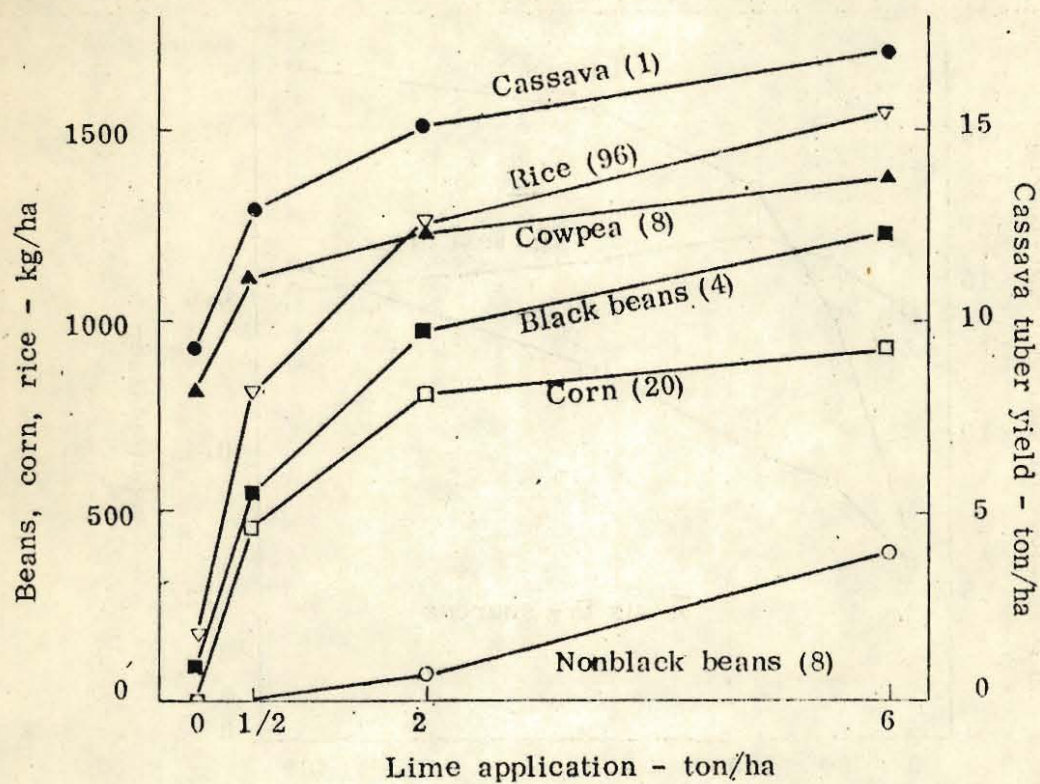


Figura 1.- Respuesta de seis cultivos a la aplicacion de cal en Carimagua. Los números en parentesis se refieren al número de variedades ensayadas.



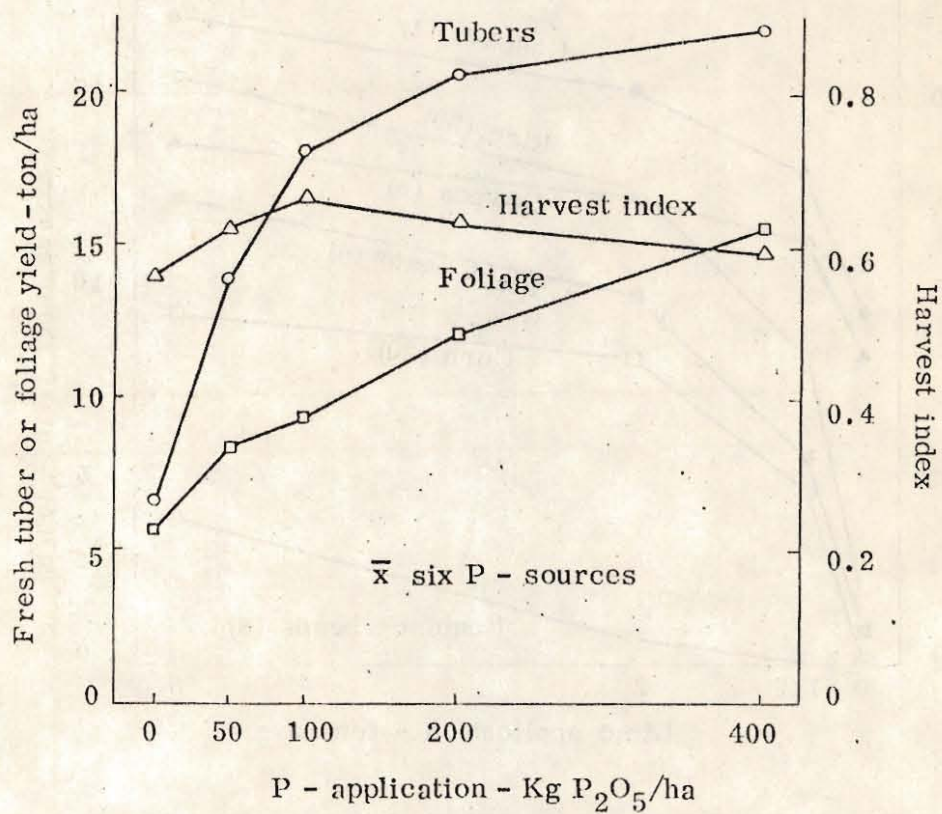


Figura 2.- Efecto de la aplicación de P sobre la producción de raíces, follaje e índice de cosecha de yuca.



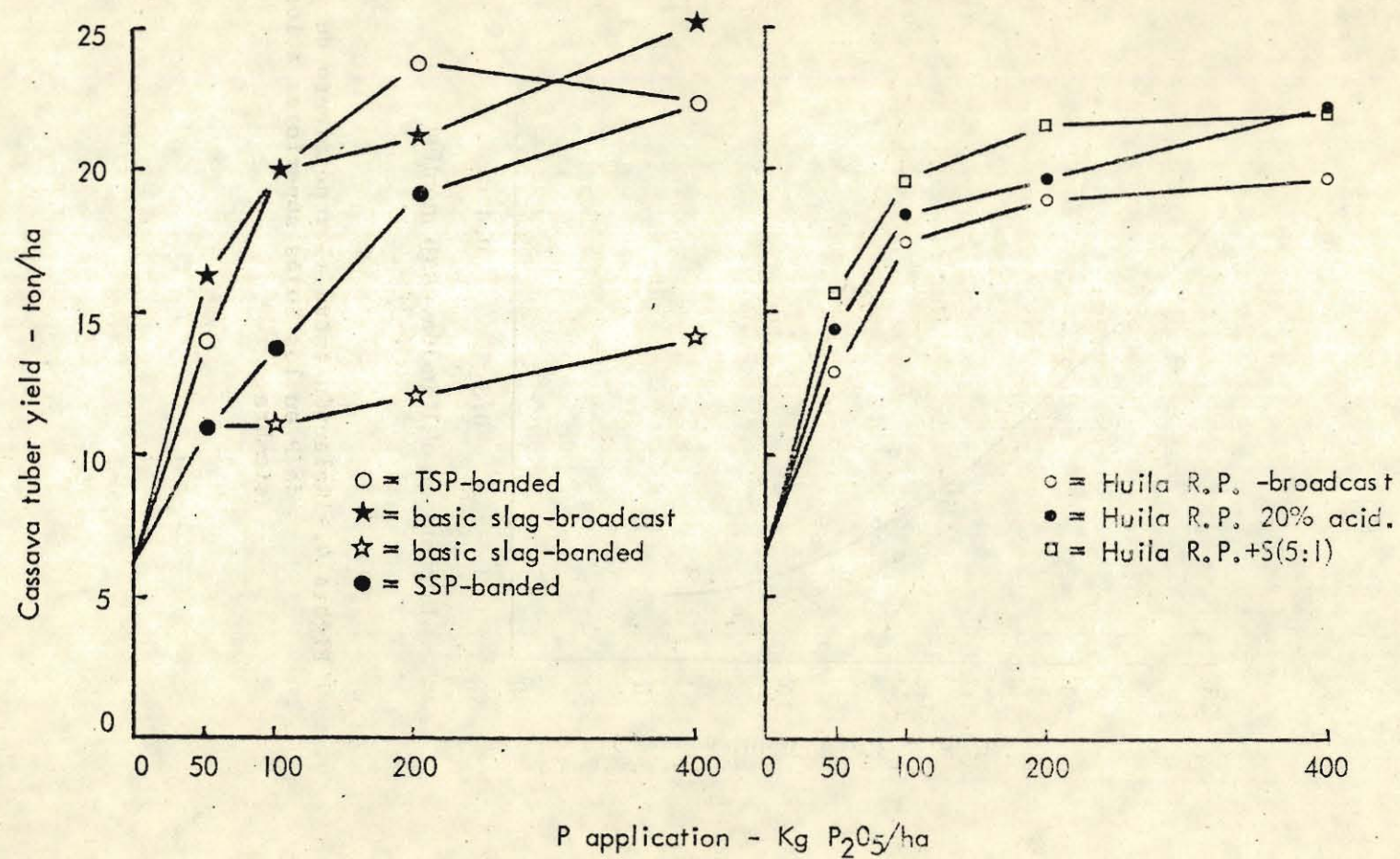
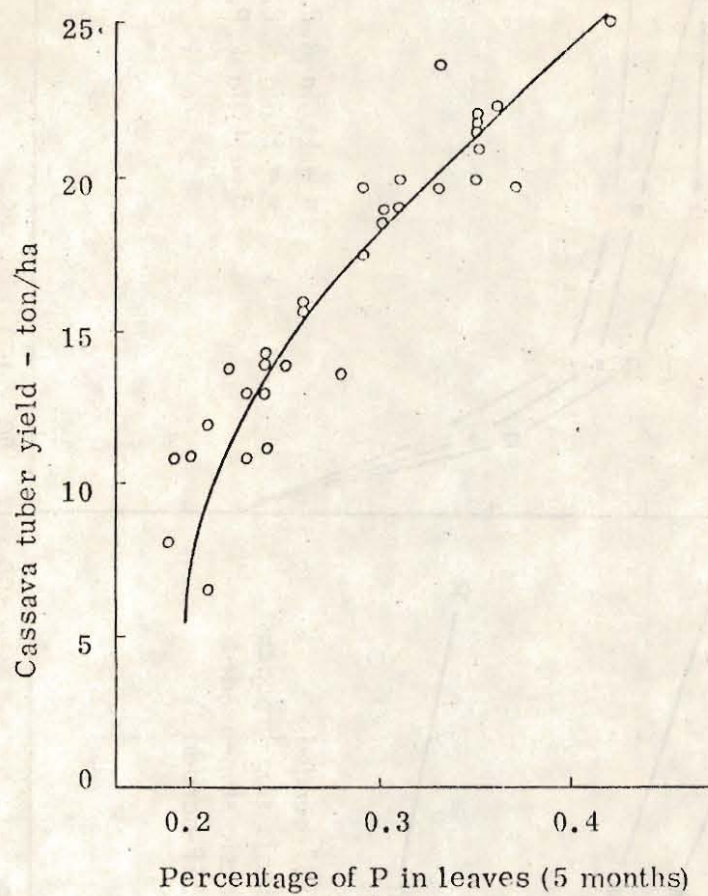


Figura 3.- Respuesta de yuca Llanera a varios niveles y fuentes de P, aplicados al voleo ó banda en Carimagua,





**Figura 4.-** Relación entre el rendimiento de yuca y el contenido de P en las hojas superiores a los 5 meses de la siembra.



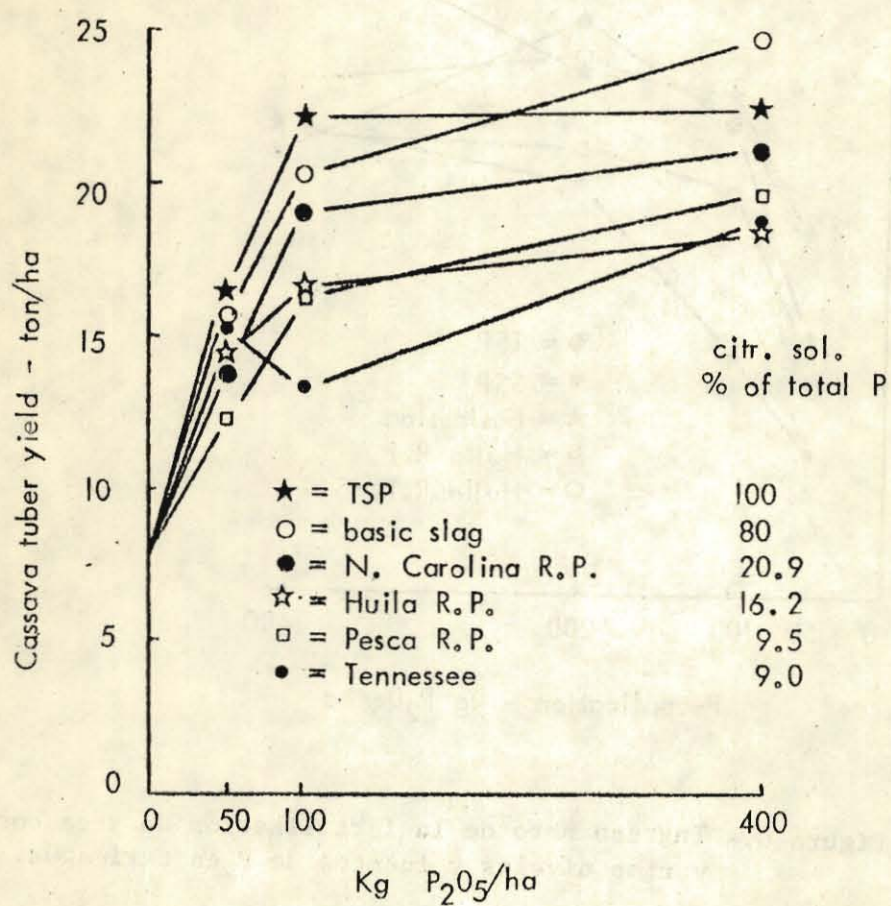


Figura 5.- Respuesta de yuca Llanera a varios niveles de P aplicados como superfosfato triple, Escorias Thomas y varias rocas fosfóricas.



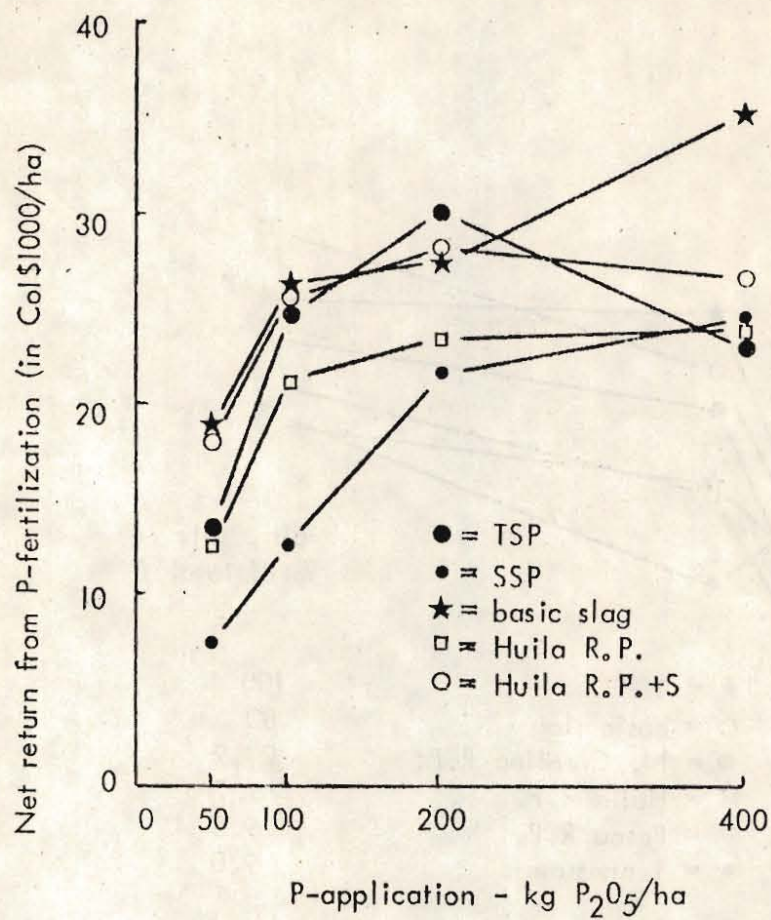


Figura 6.- Ingreso neto de la fertilización de yuca con ...  
varios niveles y fuentes de P en Carimagua.



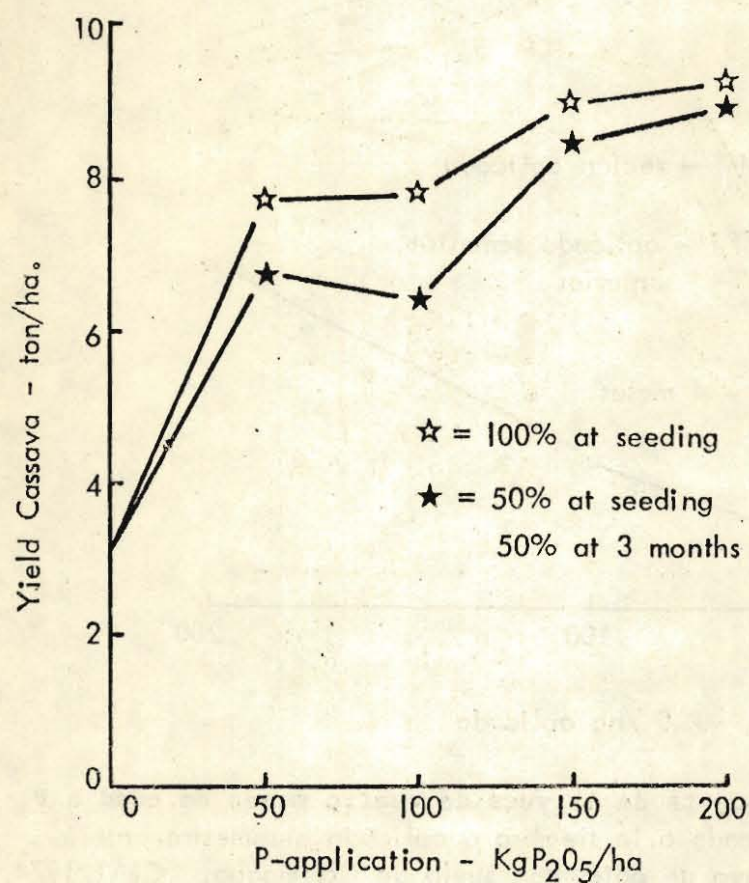


Figura 7.- Respuesta de yuca Llanera a varios niveles de aplicación de P en Carimagua.



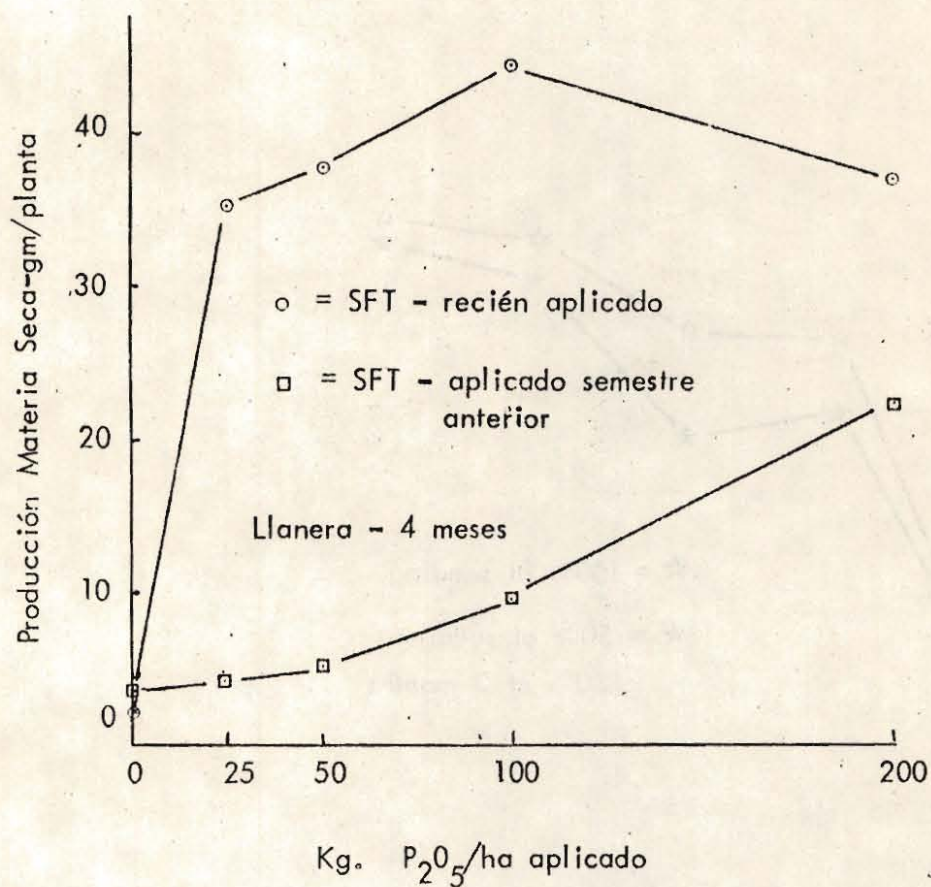


Fig. 8. Respuesta de la yuca de cuatro meses de edad a  $P$  aplicado a la siembra ó aplicado el semestre anterior. Ensayo de potes con suelo de Carimagua. CIAT 1974.



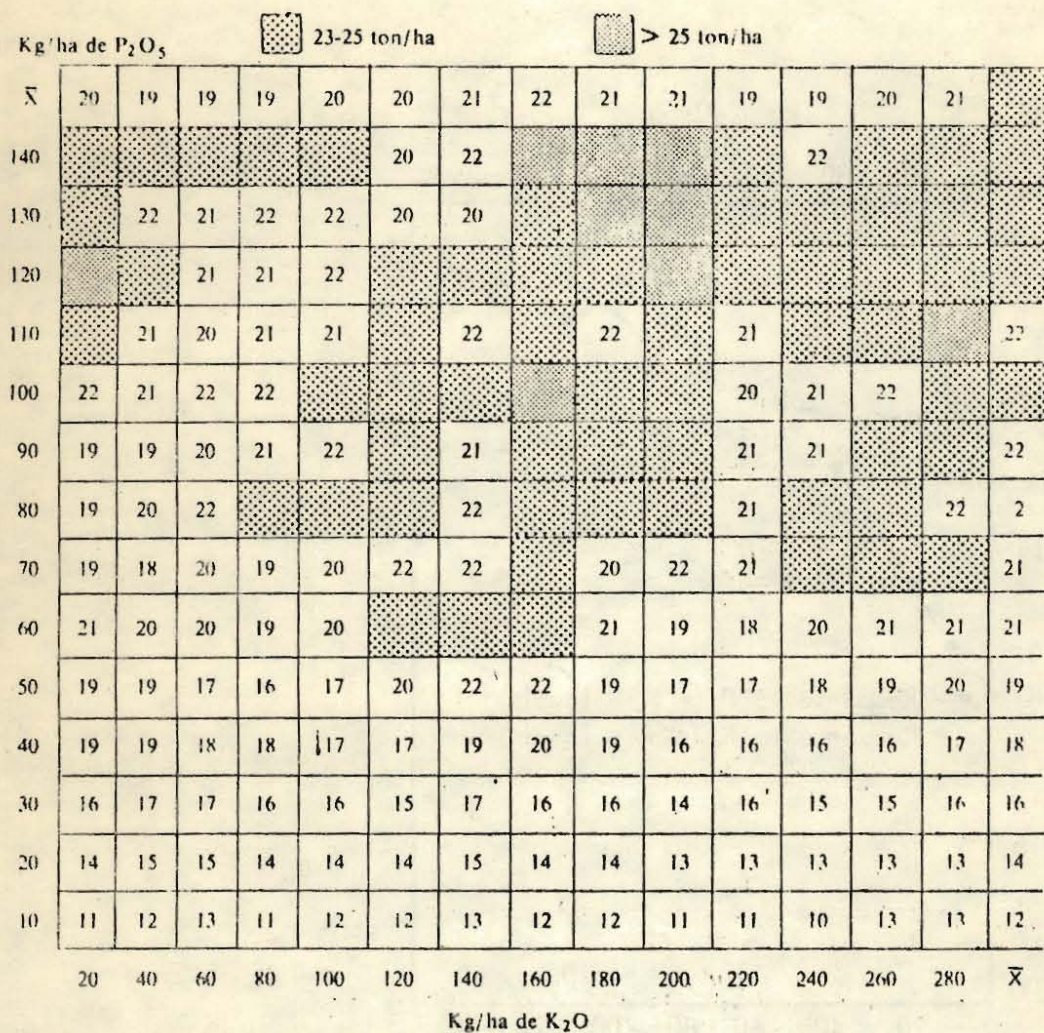


Figura 9.- El efecto de la aplicación de P y K sobre el rendimiento de yuca ( ton/ha) en Carimagua.



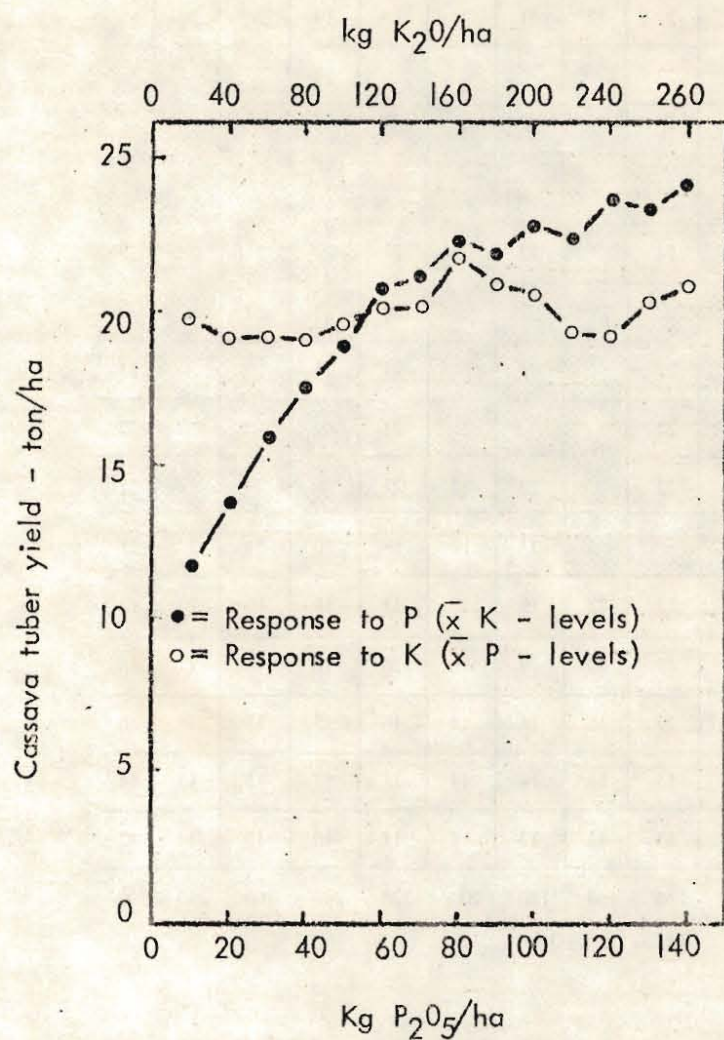


Figura 10.- Respuesta promedio de yuca Llanera a la aplicación de P y K en Carimagua.



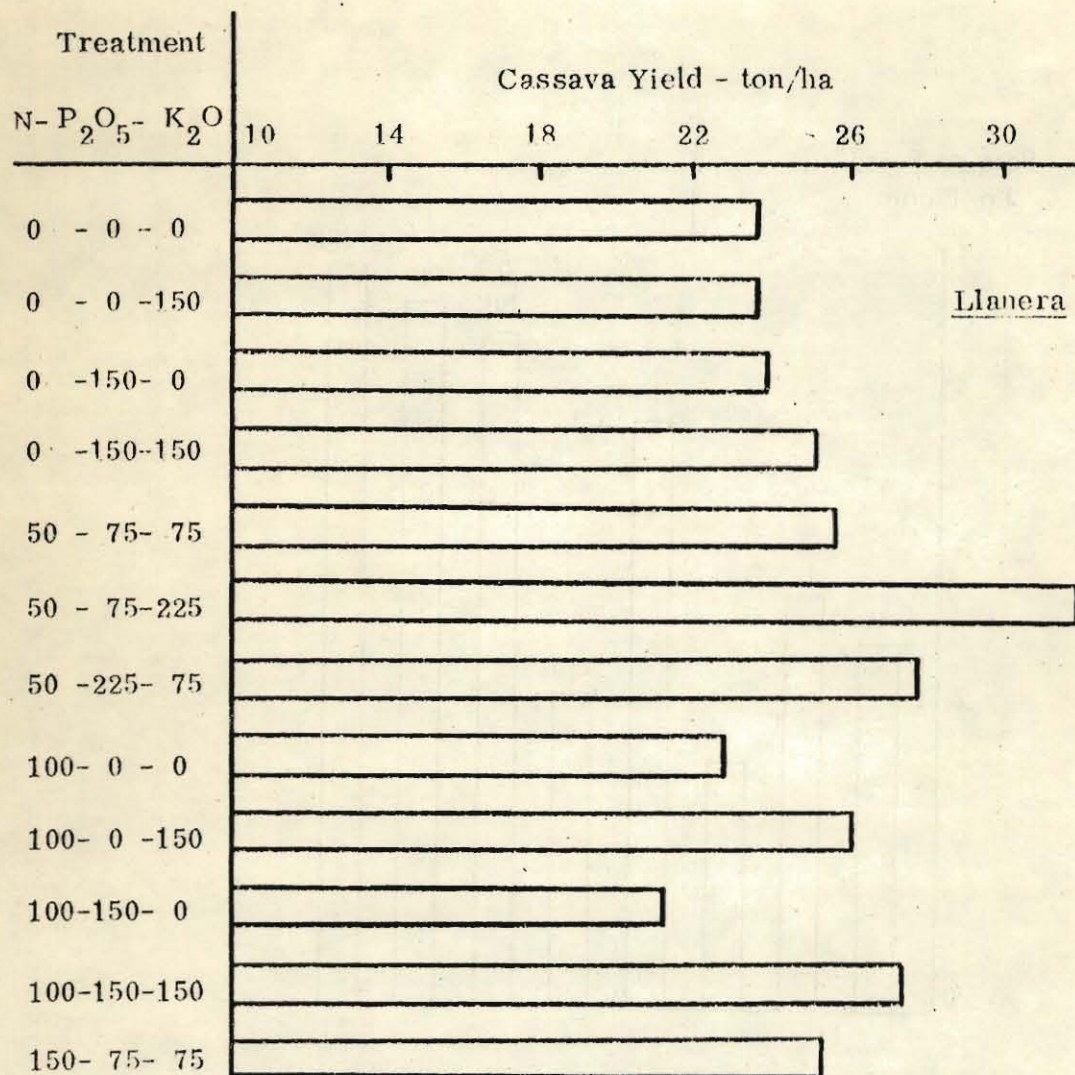


Figura 11.- ' Efecto de fertilización sobre rendimiento de yuca

La Zapata 1973 - 1974



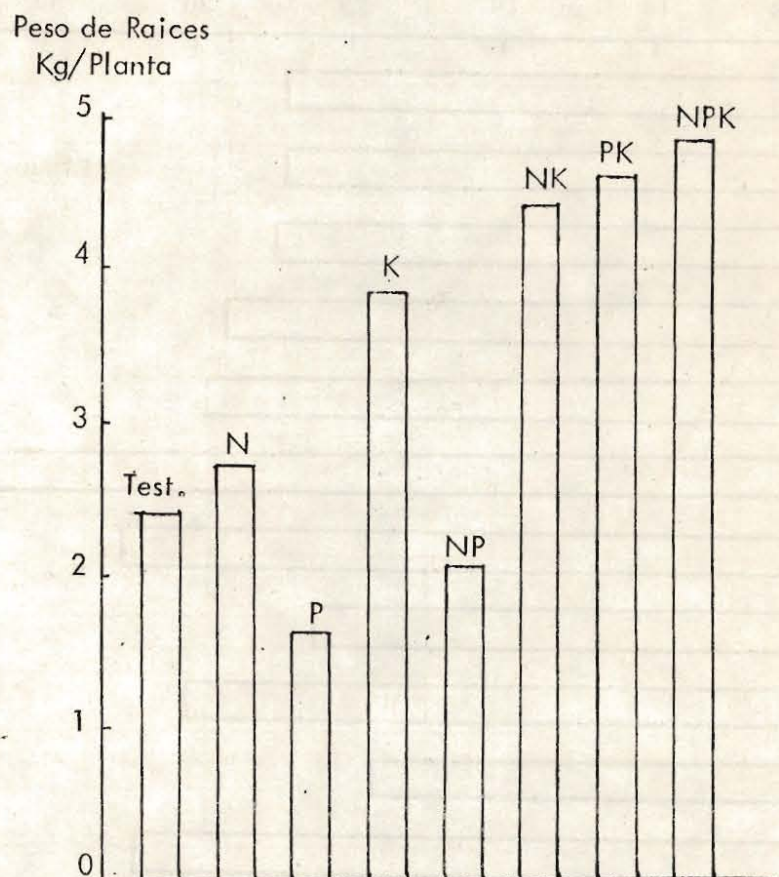


Fig. 12.- Respuesta de la yuca a aplicaciones de 200 Kg de P y N/ha y de 300 kg  $K_2O$ /ha en Jamundi (D. Wholey-CIAT- 1973).



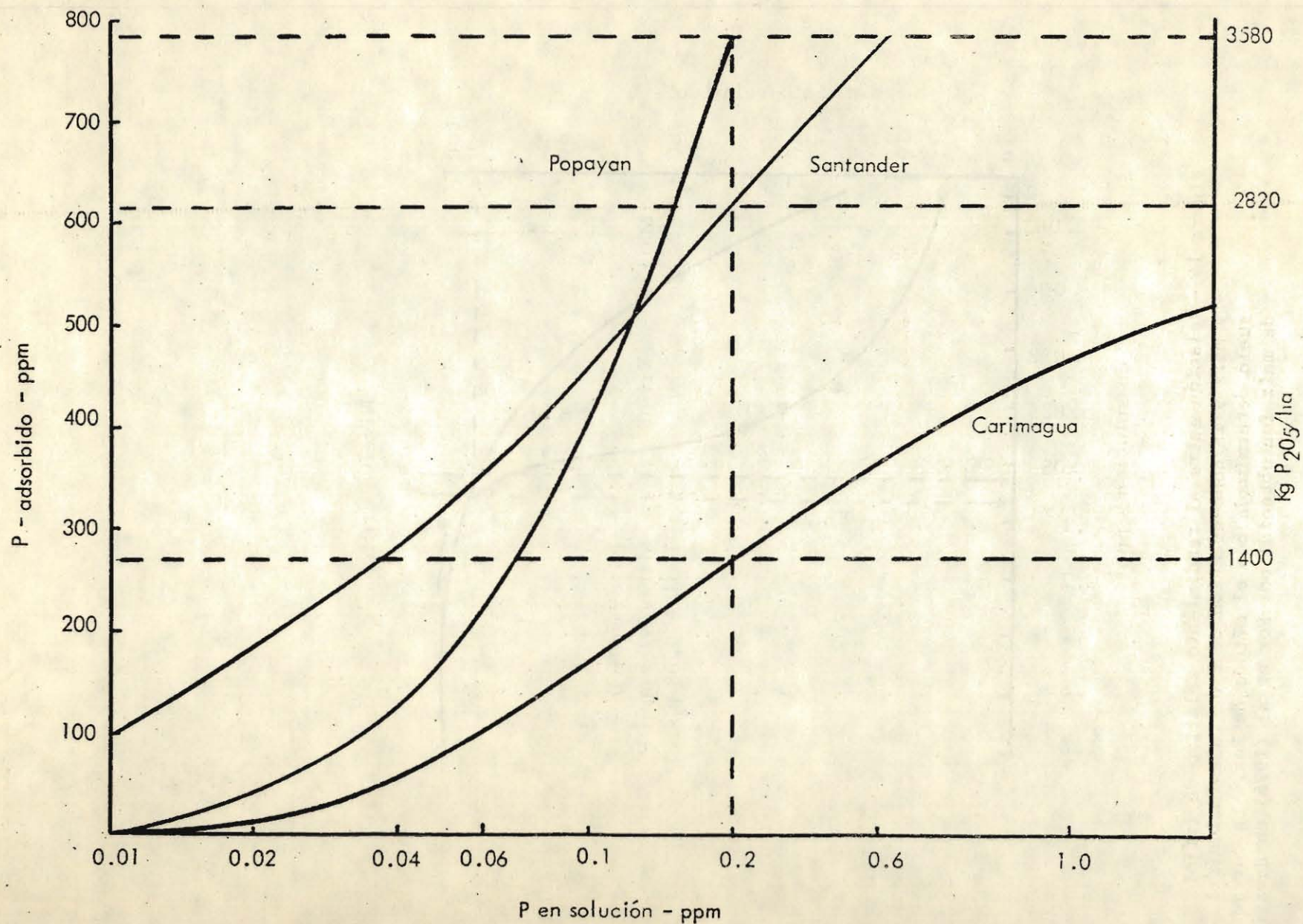


Figura 13.- Isotermas de adsorción de fosfato para tres suelos de Colombia, indicando la cantidad de P a aplicar para obtener una concentración de 0.2 ppm P en la solución



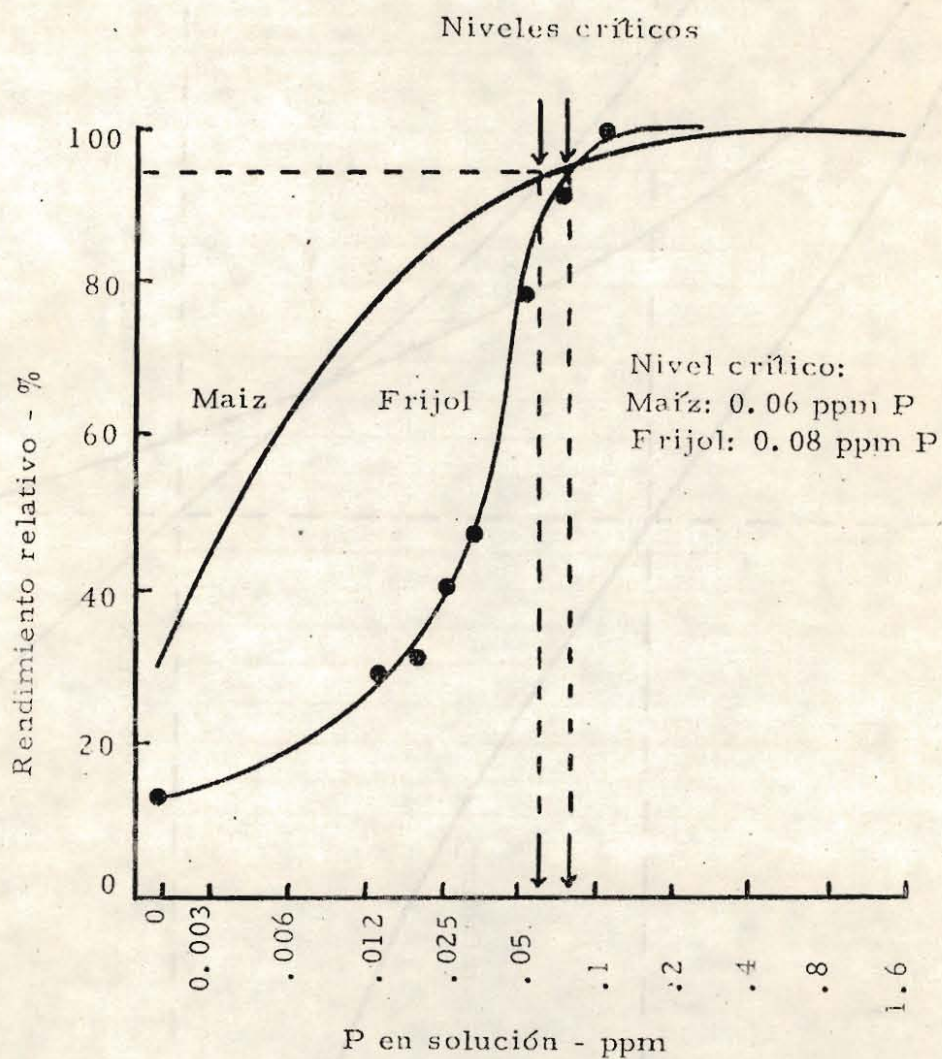


Figura 14.- Relación entre el rendimiento relativo de frijol y maíz y la concentración de P en la solución del suelo determinada con el método de Fox. La curva de maíz fue obtenida por Fox et al (1976) en Hawaii.